

小学校算数科におけるプログラミング教育の充実をはかる 演習プログラムの開発

プログラミング教育に対する山形県小学校教員の意識調査を通して

平 林 真 伊¹⁾

1) 山形大学地域教育文化学部

小学校におけるプログラミング教育に関する先行研究では、実践的研究を中心として研究成果を蓄積しているものの、いずれもプログラミングの教材を開発するに留まり、その教材を用いた学習を通じて算数科の指導のねらいが達成できるかといった検討が不十分であることが指摘されている。本研究では、山形県内の小学校教員に対するプログラミング教育に関する意識調査から、プログラミング教育を実施するうえで教員が課題と感じている点を明らかにし、小学校算数科におけるプログラミング教育の演習プログラムを開発するための視点を得た。そして、その視点に基づき、小学校算数科におけるプログラミング教育の演習プログラムを開発した。演習プログラムは、i) プログラミング教育のねらいに関する講義、ii) アンブラグドなプログラミングの体験、iii) Scratch を利用した正多角形の作図、iv) Scratch を利用したアナログ時計の作成、v) GeoGebra を利用した基本図形の作図で構成される。演習プログラムの内容には、学習を通じて算数科の指導のねらいがどのように達成できるかといった説明も付け加えられており、プログラミング教育としてだけでなく算数科の学習としても価値のある内容となった。

キーワード：プログラミング教育，小学校算数科，演習プログラム，Scratch，GeoGebra

1. 研究目的と方法

小学校学習指導要領の改訂に伴い、2020 年度から小学校においてプログラミング教育が必修化された。プログラミング教育とは、「子供たちに、コンピュータに意図した処理を行うよう指示することができるということを体験させながら、将来どのような職業に就くとしても、時代を超えて普遍的に求められる力としての『プログラミング的思考』などを育むこと」（文部科学省，2020）である。また、プログラミング的思考とは、「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」（前掲）である。特に小学校においては、実際にプログラミングを行う経験を通して、問題解決のためには必要な手順があることに気付いたり、基礎的なプログラミング的思考を身に付けたりすることが望まれる。

プログラミング教育が必修化される以前から、文部科学省は実施のためのサイトを開設したり、プログラミング教育の手引きを作成したりするなど、プログラミング教育に向けての取り組みを進めている。しかし、プログラミング教育の実施に対して、教員らは何らかの課題や不安を抱えていることが先行研究において指摘されている。例えば、楠見ら（2020）は 2019 年 3 月に、調査会社のモニターである全国の小学校教員 357 名と中学校教員 276 名に対して、コンピュータなどの使用環境やプログラミング教育に対する意欲、教員のスキルレベル等を含む 11 項目について Web 調査を行った。その結果、小学校教

員のうち約4割が「教えたくない」、「どちらかというとなんか教えたくない」と消極的な意見を示した。その理由として、「プログラミング教育についてよく知らないから」(52%)、「どのような内容を教えたらいかがかわからないから」(46%)といった意見が挙げられた。小学校においてプログラミング教育を充実させるために、教員がプログラミング教育に関して課題と感じている点を解消し得る演習プログラムを開発し、そのプログラムを用いた研修を行うことで、教員の課題や不安を解消することが必要である。

小学校におけるプログラミング教育に関する先行研究では、実践的研究を中心として研究成果を蓄積している。例えば、礒川ら(2019)は、文部科学省による「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ)」が公表された2016年6月から2019年6月までの3年間を対象とし、日本教育工学会、デジタル教科書学会、日本教育メディア学会、教育システム情報学会、日本教育情報学会、日本教育工学協会、情報処理学会の計7学会において発表された、小学校プログラミング教育に関する実践研究を調査した。その結果、2016年は15件(10.6%)、2017年は36件(25.4%)、2018年は75件(52.8%)と増加傾向にあり、2019年は6月までに16件(11.3%)の発表があったことが明らかになった。そのうち、最も多かったのは、総合的な学習の時間で24件(26.1%)であり、次いで算数科の14件(15.2%)、理科の9件(9.8%)であった。一方、算数科の授業における実践的研究は、いずれもプログラミングの教材を開発するに留まり、その教材を用いた学習を通じて算数科の指導のねらいが達成できるかといった検討が不十分であることも指摘されている(成松ら, 2019)。算数科においてプログラミング教育を実施する際には、プログラミング的思考を身に付けることに加え、算数科の目標を踏まえ、数学的な思考力・判断力・表現力等を身に付けることが重要である(笠井, 2018)。教員のニーズに合わせた演習プログラムにおいて、数学的な思考力・判断力・表現力等を育成し得る教材を提案することで、小学校算数科におけるプログラミング教育の充実に向けて示唆を与えることが期待される。

教員研修のための演習プログラムに関しては、上田(2019)や松永(2020)がその具体的な内容を示し、実施した結果を報告している。しかし、プログラミングの体験や教材・実践例の紹介などの内容にとどまり、成松ら(2019)が指摘する算数科の指導のねらいの達成に関する内容は確認できなかった。

以上の背景から、本稿は、小学校算数科におけるプログラミング教育の演習プログラムを開発することを目的とする。そのために、山形県内の小学校教員にプログラミング教育に関する意識調査を行い、プログラミング教育を実施するうえで、教員が課題と感じている点を明らかにする。次に、調査結果から小学校算数科におけるプログラミング教育の演習プログラムを開発するための視点を導く。そして、その視点に基づいて演習プログラムを開発する。

2. プログラミング教育に関する先行研究の成果と課題

小学校におけるプログラミング教育に関する研究は、近年、様々な分野で盛んに行われてきている。稲垣ら(2009)は、プログラミング環境である「Squeak eToys」(図1)を教具として用いる方法を提案している。Squeak eToysは、パソコンの画面上でマウスを使って直観的にプログラミングを行えるもので、キーボード操作に慣れていない低学年向けの教材として利用されることもあるとされている。しかし、アプリをダウンロードする場合、オフィシャルサイトでは日本語に対応しておらず、英語での説明に従ってダウンロードしなければならない。また、アプリでは日本語に対応しているものの、不自然な日本語による説明で、一部は英語の表記のままであった。操作する際も説明を見ずに直観的に行うには難しく、教員にとっては大きな負担であることが想定される。実際、稲垣ら(2009)では小学5年生の「面積」と6年生の「体積」の内容を学習するために教具として用いているものの、スクリプトを組んだのは研究者であり、実用性のある手法としては十分でないことが課題として挙げられている。

坂巻・福島(2017)は、東京都下の小学校教員29名に対してプログラミング教育に関する意識調査を行った結果、自身のプログラミングに対する知識や経験が不足していることや、授業での活用方法、指導方法が分からないといった不安を抱えていることを明らかにした。そして、それらの課題を解消する

図1. Squeak eToys (<http://squeakland.org/>よりダウンロード)図2. ソビーゴロボット (<https://hello-sovigo.com/>)図3. ソビーゴブロック (<https://hello-sovigo.com/block/>)図4. PETS (<https://4ok.jp/pets/>)

ために、プログラミング教材である「ソビーゴ」(図2)を用いた授業を実践した。ソビーゴとは段ボールのパーツとモーター等を組み立てて作られたロボットで、子ども用のプログラミング専用パソコンを使ってプログラムを組み、自由に動かす活動を行う。ロボットの他にはブロックもあり、記号化されたコマンドをデザインしたブロックを用いて、視覚的にプログラムを組み立てることができる教材である(図3)。複雑なコマンドを覚える必要がないため、未就学児から学習できる点に特徴がある。坂巻・福島(2017)では、低学年向けのプログラミング教育として、このブロックを用いた授業を紹介し、低学年の児童でも集中して活動を行い、協働的・共同的な話し合いや作業を確認できたと報告された。

山本(2018)は、算数と道徳に焦点を当て、小学校における教科でのプログラミング教育の事例を提案した。算数の事例として提案されたのは、プログラミング教材「PETS」(図4)を用いた小学2年生の「加法と減法」の内容である。PETSは、様々な方向のブロックを上部に挿入することでプログラムを作成するロボットである。パソコンやタブレットを用いずにプログラムを作成できる点に特徴がある。提案された授業は、 4×3 の大きさのコースの各マスに数字が示されており、PETSが通るマスの数字の合計と課題に示された合計とが等しくなるようにプログラムを作成するというものである。小学校でICTを担当する教員に対する講習会においてこの教材を紹介したところ、小学1、2年生で活用できる教材であり、教員から適切な評価が得られたと報告されている。

このように、小学校におけるプログラミング教育に関する先行研究では様々な教材や実践例等が報告されているが、特別に準備する必要のある教具を用いたものが多い。実際、坂巻・福島(2017)ではソ

ビーゴが紹介されたが、例えばソビーゴロボットを1セット用意するには19580円かかる。また、山本(2018)で紹介されたPETSは、教育機関向けのもので33000円かかる(いずれもオフィシャルサイトにて提示された2020年11月末現在の価格)。難しいプログラムを組むという作業がなく、直観的に操作することができるという利点があるものの、授業で扱うために準備するとなると、教員にとって大きな負担となることが想定される。多忙を極める教員にとって大きな負担とならないよう、本研究では、可能な限り特別な準備を必要としない教材を用いた演習プログラムを開発することを試みる。

3. 調査

(1) 調査の設計

調査の目的は、プログラミング教育を実施するうえで、小学校教員が課題と感じている点を明らかにすることである。対象者は山形県内の小学校教員で、山形県教育委員会および各市町村教育委員会と連携を取り、その協力のもと、平成30年10月から12月にかけて調査を行った。調査は、Web上の専用フォーム「Google Forms」を使用し、無記名で実施した。回答者は164名であった。

調査項目は、全部で16項目(選択式13項目、自由記述式3項目)である(資料参照)。調査項目は大きく分けて3種類の質問で構成されている。第一に、担当する学年や所有する免許の種類といった、教員自身の情報に関する質問(1～4)である。第二に、プログラミング教育全般に関する質問(5～10, 14～16)である。本研究では小学校教員を対象としているため、算数科のみに関わらず、他の教科等も含めたプログラミング教育全般に関する教員の意識を明らかにすることを試みる。そして、第三に、算数科におけるプログラミング教育に関する質問(11～13)である。プログラム教育に関する関心や指導の難しさ等に関する質問では、「とてもそう思う」から「まったくそう思わない」までの6件法で尋ねた。

(2) 調査結果の分析と考察

回答者のうち、20代が12.2%、30代が8.5%、40代が25%、50代が50%、60代が3.7%であった。また、全体の86.6%が1年生から6年生までのいずれかの学年を担当していた。以下、調査結果の概要を示す。詳細な結果については、資料を参照されたい。

第一に、プログラミング教育全般に関する意識の調査結果についてである。プログラミング教育への関心についての質問に対して、「とても関心がある」、「関心がある」、「やや関心がある」と肯定的な意見を持っていたのは、全体の約8割であった。また、プログラミング教育が子どもたちにとって役立つものかという質問に対して、「大いに役立つ」、「役に立つ」、「やや役に立つ」と肯定的に答えたのは、全体の約9割であった。一方、プログラミング教育の実施が難しいかという質問に対して、「とても難しい」、「難しい」、「やや難しい」と否定的に答えたのは、全体の約9割であった。そして、プログラミング教育の実施に専門性が必要かどうかという質問に対して、「大いに必要である」、「必要である」、「やや必要である」と肯定的に答えたのは、全体の約9割であった。さらに、プログラミング教育を実施するために研修等が必要であるかという質問に対して、「大いに必要である」、「必要である」、「やや必要である」と肯定的に答えたのは、全体の9割以上であった。これらのことから、プログラミング教育は子どもたちにとって必要なものであると考えているものの、それを実施するとなると困難であり、専門性を身につけなければならないと考えている教員が多くいることが分かる。

第二に、算数科におけるプログラミング教育に関する意識の調査結果についてである。算数科の授業においてプログラミング教育を実施することの意義に関する質問に対して、「大いに意義がある」、「意義がある」、「やや意義がある」と肯定的な意見を持っていたのは、全体の約9割であった。また、これまでに算数科の授業においてプログラミングに関する授業を実際に行ったことがあるかという質問に対して、全体の9割以上が「授業を行ったことがない」と回答した。そして、平成29年度告示の学習指導要領解説算数編では、コンピュータを活用して正多角形を作図する活動が例示されているが、この活動以外に知っている(または開発した)教材はあるかという質問に対して、152名(92.7%)が「知らない」と回答した。これらのことから、算数科においてプログラミング教育を実施する意義はあると考えているものの、実際に実施するための経験や教材に関する知識等が十分とはいえないことが分かる。

表 1. 解答類型と結果

解答類型		反応率
A	教員の知識・指導力不足	48.1
B	時間の確保	14.2
C	設備	13.6
D	研修の必要性	10.5
E	プログラミング教育の意味・意義の不透明さ	3.7
F	プログラミング教育に対する意欲	3.1
G	その他	6.8

表 2. 解答類型と結果

解答類型		反応率
H	指導内容・方法	46.4
I	基礎知識・技術	24.5
J	先行事例	15.9
K	体験	5.9
L	その他	7.3

プログラミング教育全般に関する質問では、2つの項目について自由記述で尋ねた。第一に、プログラミング教育を実施する際に不安に思うこと・課題だと感じることにについてである。表1は、回答を分類するための類型とその類型ごとに分類した結果(%)を示す。全体では類型Aの反応率が最も高かった。類型Aは、例えば、「自分に知識や技能がないため、指導することに不安がある」、「勉強不足で、内容について全く理解していない」、「何をどう教えればよいかわからない」といった回答である。

次に反応率が高かったのが、類型B, C, Dである。類型Bは、「子どもが学ぶべき内容が多すぎる。プログラミング教育に取り組むことで精いっぱいになり、学んだことを身につけるまでの十分な時間の確保は困難と思う」、「教材研究の時間の確保」、「研修時間の確保」といった、授業時数や教員の自己研鑽のための時間に関する回答である。類型Cは、「現在、一斉指導できる端末数でない」、「ソフト等の環境面での充実がまだということ」といった回答である。そして類型Dは、「実際にやってみる研修が必要」、「必要な研修は何なのかが具体的に分かりません」、「指導者(教諭)の研修→プログラミング教育の趣旨を十分に理解した上で指導にあたりたい」といった、研修の必要性を訴える回答である。

また、反応率は高くなかったものの、類型E, Fに分類される回答も見られた。類型Eは、「学習内容と時数の関係(詰め込み過ぎの状況)から考えると、現状のままではプログラミング教育への取組みの効果に疑問がある」、「労力に見合う効果はあるのか?」といった回答である。そして類型Fは、「現場にそれほど必要感がない」、「50代教員を始めとする研修意欲をどうかき立てるか」といった回答である。

これらの結果から、プログラミング教育を実施するにあたり、具体的にどのような内容を指導すればよいか不安に感じている教員が多いことが分かる。また、時間の確保や学校内の設備状況について不安を抱えている教員も一定数いることから、特別な設備等が不要で、限られた時間内で子どもたちがプログラミング的思考を身につけられる教材を開発する必要がある。

第二に、プログラミング教育に関する研修等で学びたい内容についてである。表2は、回答を分類するための類型とその類型ごとに分類した結果(%)を示す。全体では類型Hの反応率が最も高かった。類型Hは、例えば、「どの単元でどのように指導するか」、「指導する際の留意点」、「具体的な指導法」といった、プログラミング教育に関する指導内容やその方法に関する回答である。

次に反応率が高かったのが、類型I, Jである。類型Iは、「プログラミング教育の意義・ねらい」、「子どもにどんな力をつけるのか」、「情報機器の扱い方・操作・活用等」といった、プログラミングやプログラミング教育に関する基礎知識・技術に関する回答である。類型Jは、「実際の事例を学びたい」、「実際の授業を参観したい」といった回答である。そして、反応率は高くなかったものの、類型Kに分類される回答も見られた。類型Kは、「実際に体験すること」、「プログラミングを行えるいくつかのソフトを試してみたいです」といった回答である。

以上のように、教員はプログラミング教育の実施にあたり、プログラミング教育に関する知識や技能等が不足していることを特に不安に思っており、研修ではそれらを学びたいと思っていることが明らかになった。また、授業時数や研修のための時間、設備等が不足しているところもあることから、それらを考慮に入れた演習プログラムを開発することが必要である。

4. 演習プログラムの開発

(1) 演習プログラムの開発の視点

松永（2020）は、教員研修において重要な要素として、①担当教員の意識改革、②環境の紹介・演習（ソフトウェア、ハードウェア、アンプラグド）、③カリキュラムの紹介・設計のアドバイスを挙げている。本研究では、この枠組みに従って演習プログラムを開発していきたい。まず①に関して、小学校においてプログラミング教育を実施することの必要性や、実施するにあたりどの程度の専門性が必要であるか等の内容を扱う。

②に関して、本研究ではプログラミングを行う環境として、Scratch と GeoGebra を扱う。Scratch はビジュアル型プログラミング言語を利用したプログラミング言語学習環境で、マウスやタッチ操作が主であるため、視覚的に把握しやすく、言語の細かな文法を気にすることなくプログラムを作成できることに特徴がある。日本語に対応しており、無料で Web ブラウザから利用したり、アプリをダウンロードして利用したりすることができるため、様々な状況で活用することが可能である（2020 年 11 月末現在、対応している OS は Windows, mac, Chrome, Android である）。そして、GeoGebra は幾何、代数、表計算、グラフ、統計、解析を使いやすくまとめた動的数学ソフトウェアである。作図したオブジェクトを動的に表示できることに特徴があり、算数・数学の授業において活用されることが多い。Scratch と同様に、日本語に対応しており、無料で Web ブラウザから利用したり、アプリをダウンロードして利用したりすることが可能である（2020 年 11 月末現在、対応している OS は Windows, mac, iOS, Chrome, Android, Linux である）。このように、Scratch と GeoGebra は使い勝手がよく、できるだけ教員の負担にならない方法で利用可能であると判断したため、本研究ではこれらの環境を用いることにした。なお、GeoGebra はプログラミング教育のために開発されたソフトウェアではないが、数学教育においては広く普及しており、馴染みのある教員も多いことが想定されたため、利用することにした。

上記の Scratch と GeoGebra はパソコンやタブレット端末等を利用するものであるが、場合によってはそれらの環境が整っていない学校もあることが想定される。そのような状況でもプログラミング教育を実施できるようにするために、アンプラグドなプログラミングも紹介する。アンプラグドなプログラミングは、コンピュータを用いずに論理的に文章を組み立てて指示をしていくプログラミングであり、方法を手順として書き出し、整理することで、教科の知識および技能のより深い理解を促すとともに、プログラミング的思考の育成につながることが期待される。ただし、プログラミング教育全体において、子どもがコンピュータをほとんど使用しないことは望ましくないため、アンプラグドなプログラミングによる指導のみでは十分とはいえない点は留意する必要がある。

③に関して、本研究では具体的に 3 種類の教材を提案する（詳細は下記参照）。その際、その教材がカリキュラムの中でどのように位置づいているのかを示すと同時に、その教材を用いた学習を通じて算数科の指導のねらいがどのように達成できるかといった説明も付け加えることとする。なお、「算数科の指導のねらい」とは、学習指導要領における算数科の目標および各学年の目標とする。

(2) 演習プログラムの内容

本研究で開発した演習プログラムは、以下の 5 つの項目で構成される。なお、i) は上記枠組みの①、ii), iii), iv) は②、③に対応している。

i) プログラミング教育のねらいに関する講義

文部科学省により作成された『小学校プログラミング教育の手引』等を参考にし、プログラミング教育が実施されるに至った背景およびプログラミング教育のねらいについて講義を行う。第一に、「プログラミング教育の背景」として、予見困難な時代を生き抜く子どもたちにとって、将来どのような職業に就くとしても、コンピュータの仕組みを理解し、より適切に活用していく力を身につけることが必要とされていることを説明する。

第二に、「プログラミング教育のねらい」として、児童たちがプログラミング言語を覚えたりプログラミングの技能を習得したりするのではなく、プログラミング的思考や身近な問題の解決に主体的に取り組む態度、コンピュータ等を活用してよりよい社会を築いていこうとする態度などを育むとともに、教

科等で学ぶ知識および技能等をより確実に身につけさせることが目的であることを説明する。

第三に、「算数科におけるプログラミング教育」として、算数科においてプログラミング的思考を身に付けるための活動を行う場合、算数科の目標を踏まえ、数学的な思考力・判断力・表現力等を身に付ける活動の中で行うことを説明する。そして、算数科においては、問題解決の方法を振り返り、その方法をより簡潔・明瞭・的確なものに高めたり、それを手順としてまとめたりするという学習活動が頻繁に行われていることから、そもそも算数科の学習は「問題解決には必要な手順があること」に気付くことに資するものであることも説明する。これにより、新しく必修化された内容であるからといって、何か新しいことをしなければならないと不安に感じている教員に対して、少しでもその軽減を図りたい。

ii) アンブラグドなプログラミングの体験

コンピュータを用いずに行うプログラミングを体験してもらう。具体的には、演習プログラムの受講者に、現在の山形県のキャラクターである「きてけろくん」に代わる新しいキャラクターを各自で考案してもらう。そして、2人1組のペアを作り、相手の人に言葉の情報だけで自分の考案したキャラクターを再現してもらうという教材である。相手にキャラクターを再現してもらうためには、分かりやすい言葉を用いて、適切な情報を提示することが必要である。論理的に文章を組み立て、指示を行うプログラミングを体験することができる。この教材を通して、算数科の目標における「見通しをもち筋道を立てて考察する力」や「数学的な表現を用いて事象を簡潔・明瞭・的確に表したり目的に応じて柔軟に表したりする力」(文部科学省, 2019, p. 64)を養うことが期待される。

iii) Scratch を利用した正多角形の作図

Scratch を用いて、正方形・正三角形・正六角形を作図する活動を行う。Scratch の基本的な操作を確認する意図も含めてこの活動を設定した。

正方形を作図するプログラムを作成すると、キャラクターの動きを確認することなく正方形が作図できてしまう場合がある(図5)。これは、キャラクターの動きが速すぎて、その軌跡を確認できないことに由来する。それゆえ、例えば図5のプログラムに「〇秒待つ」のプログラムを追加するといった修正を行うことが必要である。

また、正三角形を作図するために、キャラクターが動く角度を 60° に指定したプログラムを作成すると、図6のように正三角形を作図できない。「60 度回す」というプログラムは、キャラクターの進行方向に対して 60° だけ左に回転するというものであるため、正三角形の1つの内角を表すためには、正三角形の外角である 120° を指定しなければならない。そのため、図6の「60 度回す」というプログラムを「120 度回す」に修正する必要がある。

このように、Scratch の基本的な操作を確認するだけでなく、試行錯誤しながらよりよいプログラムを考えるとといった活動が期待される。また、定規と分度器を用いて作図する活動と比較することで、プログラミングを利用した作図の方が簡単にかつ正確に作図できることを体験し得る。

算数科のねらいとしては、円と関連させて正多角形の基本的な性質について理解することが挙げられる(文部科学省, 2019)。正多角形の性質として「円に内接、外接すること」があり、例えば、円に内接する正八角形の頂点と円の中心とを結んでできる三角形は、すべて合同な二等辺三角形である。また、6つの合同な正三角形を一つの頂点が共通するように並べると正六角形ができる。このように、算数科では正多角形と円とを関連付けて性質を調べ、理解を深めることが求められている。Scratch を用いることで、正方形のプログラムのうち、辺の数と内角(外角)に関わる数字を変更するだけで他の正多角形を作図できるため、正多角形と円とを関連付けて性質を見いだす活動を容易に行えることが期待される。

iv) Scratch を利用したアナログ時計の作成

Scratch を用いてアナログ時計を作成する活動を行う。アナログ時計を作成するためには、秒針、分針、時針がそれぞれ何度ずつ動くかを考え、プログラミングしなければならない。すなわち、秒針と分針は 360 度を 60 等分するため 6 度ずつ、時針は 360 度を 12 等分するため 30 度ずつ動く。そのため、例えば秒針であれば、 6 度に「現在の秒」をかけた分だけ回転するようなプログラムを組むことでアナログ時計を作成することができる(図7)。分針と時針についても同様のプログラムを組めばよいが、このまま



図5. Scratch による正方形の作図



図6. Scratch による正三角形の作図の失敗例



図7. Scratch によるアナログ時計の作成



図8. アナログ時計の改良



図9. GeoGebra による正三角形の作図の失敗例

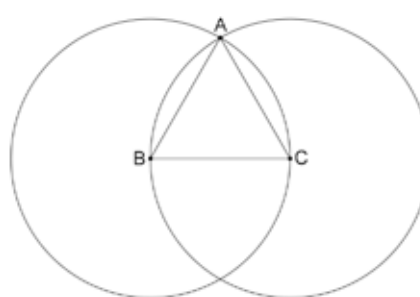


図10. GeoGebra による正三角形の作図

では時計が1時間ごとに飛ぶように動くことになる。なぜなら、時計針は時間だけでなく分によっても動くからである。例えば、4時0分であれば時計針は4を指すが、4時30分では4と5の中央に位置する。したがって、時計針を滑らかに動かすためには、1分あたりにどれだけ時計針が動くのかも考慮に入れる必要がある。すなわち、時計針は60分で30度動くため、1分では0.5度動くことが分かる（北村，2019）。このプログラムを組み込むことで、滑らかに動くアナログ時計を作成することができる（図8）。このように、よりよいアナログ時計のプログラムを作成するために、試行錯誤する活動を体験し得る。

算数科のねらいとしては、時間の関係（1分間が60秒，1時間が60分）や角の大きさを回転の大きさとして捉えることの理解を深め、それらを活用することが挙げられる（文部科学省，2019）。そして、例えば秒針であれば、6度に「現在の秒」をかけた分だけ回転するようなプログラムを組んだが、そのようなプログラムを見いだすために、帰納的に考えることが重要である。すなわち、15秒のときには90度、30秒のときには180度動いていることから、秒を6倍すると角度になるというきまりを見いだすことができる（北村，2019）。このように帰納的に考え、きまりを見つける考え方は算数科において重要とされているものであり、本教材を通してその力を育成できることが期待される。

v) GeoGebra を利用した基本図形の作図

GeoGebra を用いて、基本図形である正三角形，正方形，長方形を作図する。上述のように，GeoGebra は作図したオブジェクトを動的に表示できるが，ある一点を動かしたときに，常にその図形のままであるようにするためには，正しい手順で作図する必要がある。例えば，正三角形を作図する際に，同じ長さの3本の線分を用いれば正三角形を作図することができるが，図9の点Aを上へ動かすと，△ABCは

正三角形ではなくなってしまう。点 A をどの位置に動かしても、 $\triangle ABC$ が正三角形であるようにするためには、点 B, C をそれぞれ中心として、半径が辺 BC と同じ長さである円を作図する必要がある (図 10)。このように、独立したオブジェクトと従属したオブジェクトを判断し、適切に作図する必要がある。

GeoGebra による作図は難易度の高い活動であるが、適切な作図ができているかどうかを画面上ですぐに確かめることができるという特徴がある。適切な作図ができなかった場合、どこをどのように改善すればよいかというように、試行錯誤しながらよりよい手順を考えることができる。

算数科のねらいとしては、図形を構成する要素に着目し、構成の仕方を考えるときともに、図形の性質を見いだすことが挙げられる (文部科学省, 2019)。GeoGebra を用いて適切に作図すると、図形の性質を保ったまま図形を動かすことができる。これにより、例えば大きい正三角形であっても小さい正三角形であっても、常に成り立つ性質を見いだすことが容易に行えることが期待される。本教材では、正三角形、正方形、長方形のみを対象としたが、他にも平行四辺形やひし形、台形などの平面図形も作図することができる。これらの平面図形を並べて作図することで、図形同士の関係性 (正方形と長方形に共通する性質や異なる性質等) を見いだすことが期待される。

5. まとめと今後の課題

本研究では、山形県内の小学校教員にプログラミング教育に関する意識調査から、プログラミング教育を実施するうえで教員が課題と感じている点を明らかにし、小学校算数科におけるプログラミング教育の演習プログラムを開発するための視点を得た。本稿では、その視点に基づき、小学校算数科におけるプログラミング教育の演習プログラムを開発した。

開発した演習プログラムは、i) プログラミング教育のねらいに関する講義、ii) アンプラグドなプログラミングの体験、iii) Scratch を利用した正多角形の作図、iv) Scratch を利用したアナログ時計の作成、v) GeoGebra を利用した基本図形の作図の 5 つの項目で構成される。特に、iii), iv), v) の内容は、教材を用いた学習を通じて算数科の指導のねらいがどのように達成できるかといった説明も付け加えられており、プログラミング教育としてだけでなく算数科の学習としても価値のある内容となった。

本稿では算数科におけるプログラミング教育の演習プログラムを開発するに留まった。今後は、開発した演習プログラムを小学校教員に対して試行し、その効果を考察することが課題として残されている。

謝辞

本研究は、公益財団法人やまがた教育振興財団による「教員養成に関する調査研究事業」の助成を受けて行われた。

引用・参考文献

- 磯川祐地・佐藤和紀・清水雅之・堀田龍也 (2019). 「小学校プログラミング教育における実践研究の動向に関する調査研究」. 『日本デジタル教科書学会発表予稿集』, 第 8 号, pp. 13-14.
- 稲垣卓弥・阿部和広・山崎謙介・横川耕二 (2009). 「『教具』としての Squeak eToys とその小学校算数教育への適用」. 『研究報告コンピュータと教育 (CE)』, 第 15 号, pp. 57-63.
- 上田喜彦 (2019). 「小学校プログラミング教育の教員研修についての実践的研究: 算数科におけるプログラミング教育を中心に」. 『天理大学教職教育研究』第 2 巻, pp. 3-28.
- 笠井健一 (2018). 「算数科におけるプログラミング教育」. 『初等教育資料』, 第 970 号, pp. 40-41.
- 北村愛実 (2019). 『プログラミング教育対応 Scratch で楽しむプログラミングの教科書』(犬伏雅士監修). 東京: SB クリエイティブ株式会社.
- 楠見孝・西川一二・齊藤貴浩・栗山直子 (2020). 「プログラミング教育の授業実践に対する小中学校教員の期待と意欲」. 『日本教育工学会論文誌』, 第 44 巻第 2 号, pp. 265-275.
- 坂巻若菜・福島健介 (2017). 「授業実践から考える小学校におけるプログラミング教育の課題・方向性」. 2017 PC Conference 口頭発表資料 (<http://gakkai.univcoop.or.jp/pcc/2017/papers/pdf/pcc020.pdf>) (2020 年

11月30日参照)

成松はるか・青山和裕・辻宏子(2019)。「小学校算数科におけるプログラミング教育に関する研究」、『日本科学教育学会研究会研究報告』, 第34巻第3号, pp.43-46.

松永豊(2020)。「小学校プログラミング教育に関する教員研修について」、『愛知教育大学教職キャリアセンター紀要』, 第5巻, pp.121-125.

文部科学省(2019)。「『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 算数編』」, 東京: 日本文教出版.

文部科学省(2020)。「『小学校プログラミング教育の手引(第三版)』」, https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf (2020年11月30日参照)

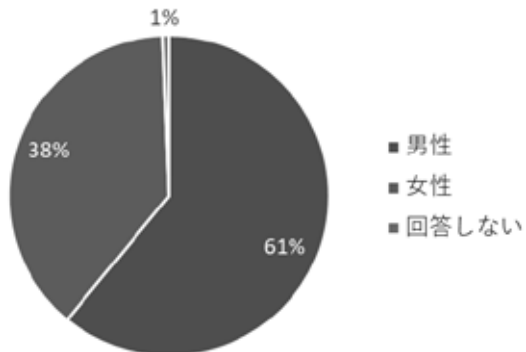
山本利一(2018)。「小学校におけるプログラミング教育の現状と今後: 算数及び道徳での実践事例とICT担当教員の意識調査結果」, 『日本科学教育学会年会論文集』, 第42巻, pp.205-206.

資料1「アンケート調査項目」

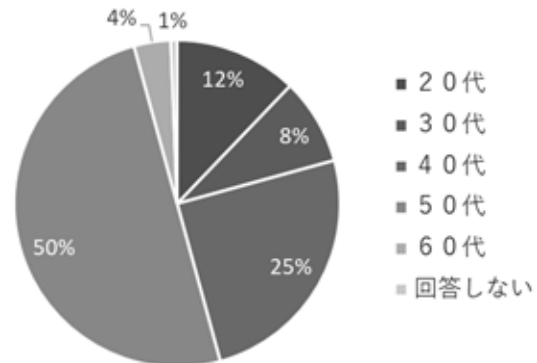
1. 性別をお選びください。 【男性・女性・回答しない】
2. 年齢をお選びください。 【60代・50代・40代・30代・20代・回答しない】
3. ご担当されている学年を教えてください。
【1年生・2年生・3年生・4年生・5年生・6年生・担当している学年はない】
4. 所有する教員免許を教えてください。 【専修免許・一種免許・回答しない】
5. プログラミング教育について関心はありますか。
【とても関心がある・関心がある・やや関心がある・あまり関心がない・関心がない・全く関心がない】
6. プログラミング教育を行うことは、子どもたちにとって役に立つことだと思いますか。
【大いに役立つ・役に立つ・やや役に立つ・あまり役に立たない・役に立たない・全く役に立たない】
7. プログラミング教育を行うことは、難しいことだと思いますか。
【とても難しい・難しい・やや難しい・あまり難しくない・難しくない・全く難しくない】
8. プログラミング教育を行うためには、専門性が必要だと思いますか。
【大いに必要である・必要である・やや必要である・あまり必要でない・必要でない・全く必要でない】
9. プログラミング教育を行うにあたり、現任校の情報機器の整備は十分ですか。
【かなり十分である・十分である・やや十分である・あまり十分でない・十分でない・全く十分でない】
10. プログラミング教育を行うのに適した教科等は何だと思いますか。(複数選択可)
【国語・社会・算数・理科・生活・音楽・図画工作・家庭・体育・道徳・外国語活動・総合的な学習の時間・特別活動・その他】
11. 算数科の授業において、プログラミング教育を行う意義があると思いますか。
【大いに意義がある・意義がある・やや意義がある・あまり意義がない・意義がない・全く意義がない】
12. これまでに、算数科の授業においてプログラミングに関する授業を行ったことがありますか。
【0回・1回・2回・3回・4回・5回・6回以上】
13. 算数科におけるプログラミングに関する教材について、学習指導要領に例示されている活動(正多角形の意味に基づき、正多角形をかく)以外に、知っている(または開発した)教材はありますか。
14. プログラミング教育を実施する際に、不安に思うこと・課題だと感じるものがあれば、自由にお書きください。
15. プログラミング教育を行うにあたり、研修等は必要だと思いますか。
【大いに必要である・必要である・やや必要である・あまり必要でない・必要でない・全く必要でない】
16. プログラミング教育に関する研修等では、どのような内容を学びたいですか。また、どのような情報が必要ですか。

資料2「アンケート調査結果」

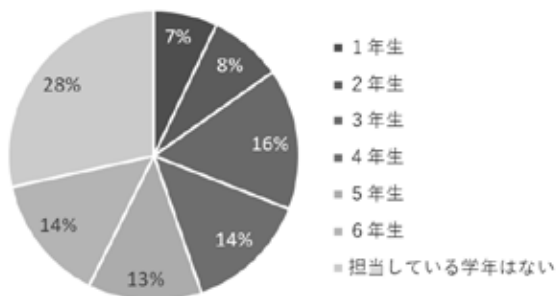
1. 性別



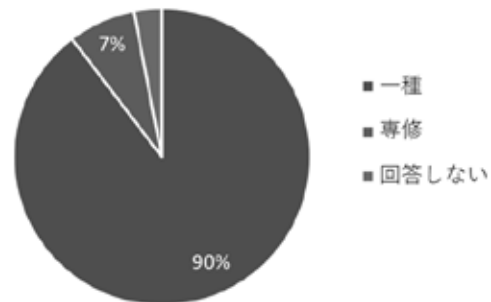
2. 年齢



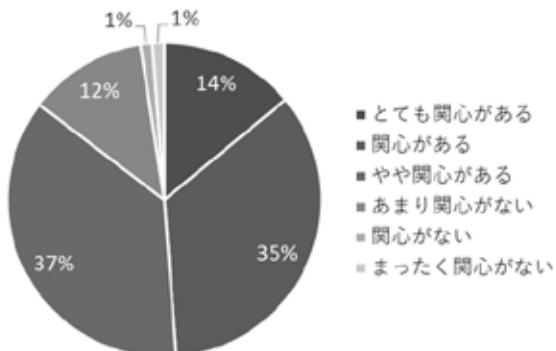
3. 担当学年



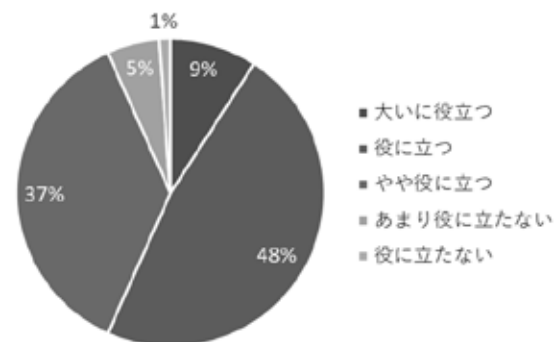
4. 所有する教員免許



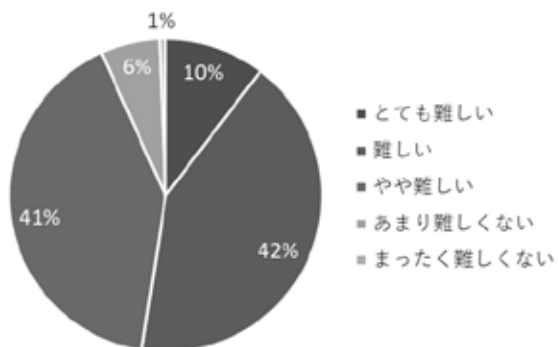
5. プログラミング教育について関心はある



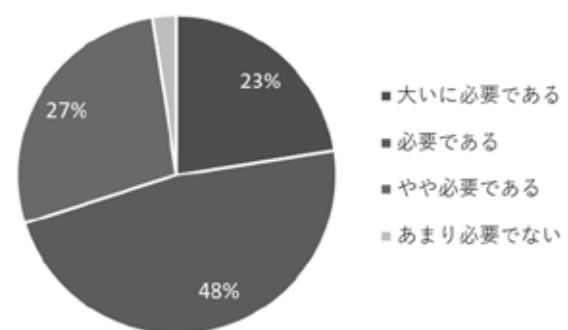
6. 子どもたちにとって役に立つ



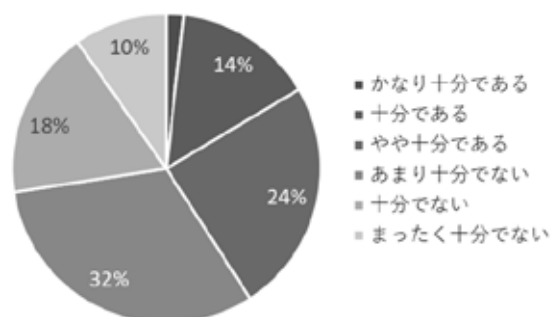
7. プログラミング教育を行うことは難しい



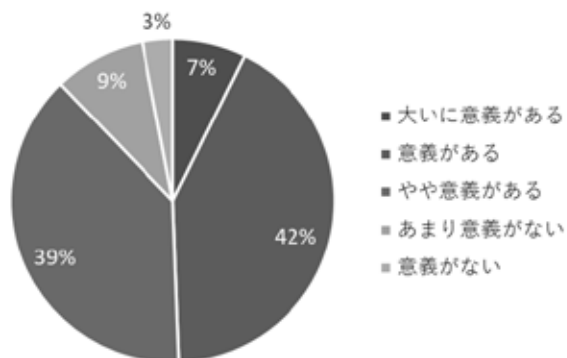
8. 専門性が必要



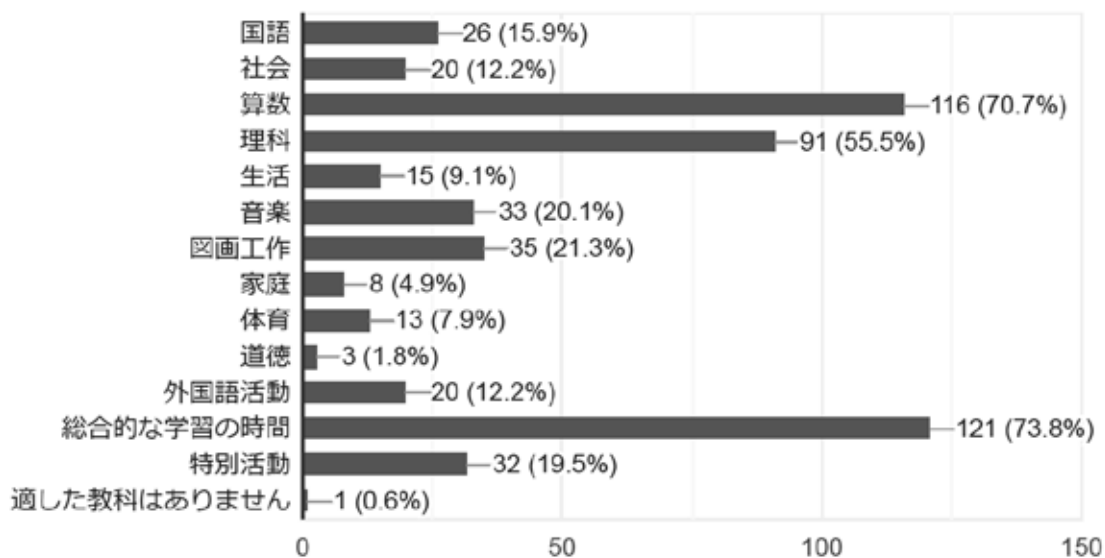
9. 現任校の情報機器の整備



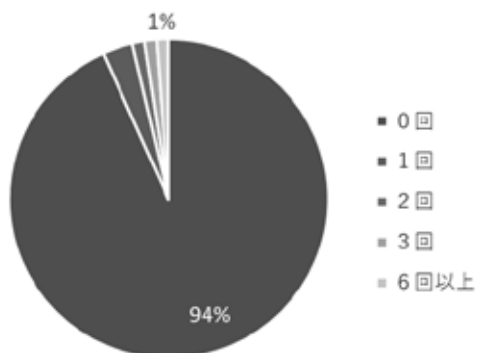
11. 算数科の授業において行う意義



10. プログラミング教育を行うのに適した教科等



12. 授業を行った回数



15. 研修等は必要である

